

SUSTENTABILIDADE: novos desafios e oportunidades para a produção paulista de cana-de-açúcar¹

Renata Martins²
Mário Pires de Almeida Olivette³
Katia Nachiluk⁴

1 - INTRODUÇÃO

Na economia agrícola, a problemática ambiental está atrelada a novas estratégias e projetos de avaliação da sua viabilidade econômica, social e ambiental, exigindo conjuntamente a adequação de propostas de políticas públicas e ações. A junção daqueles aspectos visa a elaboração de políticas pautadas numa nova eficiência no uso dos recursos naturais e humanos para geração e uso de energia e produção de bens e serviços, que vai além da alocação eficiente dos fatores de produção mensurada, por exemplo, pela produtividade, conforme preceitua a microeconomia neoclássica.

Nessa mesma ordem, entre outros aspectos a economia ambiental neoclássica detém sua análise nos custos da despoluição, no agente poluidor pagador e nos mecanismos de mercado estabelecendo o equilíbrio entre o bem-estar dos indivíduos e o uso dos recursos naturais. Essa essência analítica impõe novos desafios que, de um lado, podem afetar a competitividade dos segmentos econômicos e, de outro, podem gerar novas oportunidades. Para a economia ecológica os mecanismos de mercado são considerados, porém, as políticas públicas e as técnicas de produção, aliadas à preocupação com a capacidade de manutenção dos ecossistemas, sua resiliência⁵, são as bases dos instrumentos limi-

tadores do uso dos recursos ambientais.

Neste contexto, identificam-se duas correntes: a primeira considera a questão ambiental como demandante por investimentos para manutenção do bem-estar dos indivíduos e a segunda implica a adoção de técnicas de produção adequadas à manutenção e preservação dos ecossistemas, conjuntamente com o desenvolvimento econômico. De qualquer forma, ambas ressaltam a importância de novas posturas de produção envolvendo ações empresariais e políticas públicas vinculadas aos segmentos econômicos, dentre eles, também os vinculados à atividade agrícola. Para tanto, as transformações técnicas no processo de produção são evidenciadas, ao permitirem, por exemplo, reduzir a poluição gerada por resíduos ou evitar o desperdício ao aproveitar subprodutos provenientes da industrialização ou da produção. Isso resulta na definição de estratégias competitivas⁶; por parte das empresas, a adoção de novas normas de produção que podem ser atreladas a selos de garantia vinculados às demandas do mercado consumidor local e global e, por parte do poder público, na implantação de políticas públicas definidoras de critérios e processos de produção (OLIVETTE, 1996).

Nesse sentido, este artigo tem como objetivo identificar as principais mudanças ocorridas

ecologia indica, para um determinado período de tempo, a capacidade de recuperação, resistência e adaptação de um ecossistema ao sofrer alterações (MOITA NETO, 2006).

⁶Estratégia competitiva é definida por Porter (1993, p. 44) como:

A indústria (quer seja de produtos ou de serviços) é a arena na qual a vantagem competitiva é ganha ou perdida. As empresas, através da estratégia competitiva, buscam definir e estabelecer uma abordagem para a competição em suas indústrias que seja, ao mesmo tempo, lucrativa e sustentável. Não existe estratégia competitiva universal, única, e apenas têm êxito estratégias adequadas à indústria específica e aos conhecimentos e patrimônio social de uma determinada empresa. Duas preocupações centrais sublinham a escolha da estratégia competitiva. A primeira é a *estrutura da indústria* na qual a empresa compete. As indústrias diferem muito na natureza da competição e nem todas oferecem igual oportunidade de lucratividade continuada. A segunda preocupação central da estratégia é a *posição dentro da indústria*. Algumas posições são mais lucrativas do que outras, a despeito de qual possa ser a lucratividade média da indústria.

¹Cadastrado no SIGA NRP3000 e registrado no CCTC, IE-84/2010.

²Administradora, Mestre, Pesquisadora Científica do Instituto de Economia Agrícola (e-mail: renata@iea.sp.gov.br).

³Geógrafo, Doutor, Pesquisador Científico do Instituto de Economia Agrícola (e-mail: olivette@iea.sp.gov.br).

⁴Agrônoma, Pesquisadora Científica do Instituto de Economia Agrícola (katia@iea.sp.gov.br).

⁵Resiliência, termo originário da física e uma das propriedades mecânicas de grande interesse da ciência dos materiais, pode ser definido como a capacidade de um material absorver energia quando deformado e liberá-la ao cessar a pressão causadora da deformação. O uso desse conceito ultrapassou as fronteiras das ciências exatas, sendo utilizado por outras áreas do conhecimento. Na

no sistema de produção da cana-de-açúcar volta à produção de açúcar, etanol e energia elétrica. Para tanto, considerando o período de 1970 até a primeira década dos anos 2000, toma como objeto de observação o Estado de São Paulo que, responde por 60% da produção brasileira de cana-de-açúcar e concentra iniciativas na busca por acomodar a perspectiva de produção sustentável. Assim, procura inicialmente contextualizar a construção da ideia de sustentabilidade e as tentativas de acomodar seus preceitos nas ciências econômicas, especificamente, na economia ambiental neoclássica e na economia ecológica; para, em seguida, traçar seus desdobramentos sobre a atividade sucroenergética paulista. Dessa forma, das quatro seções seguintes, a primeira trata da revisão histórica da sustentabilidade e do olhar da economia; a segunda busca expor seus reflexos sobre a agricultura e descrever o método de análise; a terceira trata da produção paulista de cana-de-açúcar; e, finalmente, são apresentadas as considerações finais.

2 - SUSTENTABILIDADE, UM BREVE HISTÓRICO. A ECONOMIA AMBIENTAL NEOCLÁSSICA E A ECONOMIA ECOLÓGICA

A integração total com os ecossistemas que a humanidade conheceu nos seus primórdios e durante os mais diferentes estágios de produção e reprodução física, material e social se rompe e a busca pela supremacia sobre os demais seres vivos induziu a humanidade a acreditar ser predominante nos ecossistemas⁷. Na chamada era industrial a visão de domínio prevalece e enaltece o progresso técnico-científico e o domínio da natureza para fornecimento de matérias-primas transformadas em energia, bens e serviços; numa corrida de inegável melhora no atendimento das crescentes necessidades humanas, porém à custa da destruição sistemática e não rara irreversível dos recursos da natureza.

As descobertas extraordinárias dos séculos XIX e XX incrementam o desenvolvimento

científico e tecnológico. A maior capacidade de informação aplicada na indústria e na produção de bens e serviços permitiram o domínio do aço, da química de materiais, da energia do carvão mineral, do petróleo e da eletricidade (SZMREC-SÁNYI, 2001). Assim, são colocadas as bases da modernização e industrialização do pós-segunda guerra como constituintes das estratégias do modelo desenvolvimentista, estabelecido numa ordem econômica dependente de recursos naturais de dimensão desconhecida que alimenta a expansão da produção aliada ao aumento do consumo atrelado a um novo padrão de vida (ALTVATER, 1995). Esse movimento, para Bauman (1999), reflete profundas mudanças sociais; a sociedade moderna na sua fase industrial era a “sociedade de produtores” preocupada em produzir, a contemporânea, “sociedade dos consumidores”, tem como prioridade o consumo. A perpétua e pronta insatisfação, argumento da economia neoclássica, é fomentada e aproveitada por novas necessidades e novos produtos com consequências evidentes nas condições naturais em que se desenvolve a vida.

A observação de que a natureza não é capaz de absorver a degradação ambiental imposta por modelos de produção infinitos pode ser evidenciada pelas mudanças nos ecossistemas, como o avanço da desertificação, o aumento das emissões de gases de efeito estufa e o desaparecimento de espécies da flora e da fauna. Para Ribeiro (2001), essas mudanças não eram preocupação nos primeiros anos do século XX. Porém, na década de 1920 conferências e congressos pautavam a exterminação de animais e a criação de áreas de preservação ambiental em forma de parques⁸, além disso, na década de 1940 a criação da Organização das Nações Unidas (ONU)⁹ e seus instrumentos mitigadores de conflitos entre países poderia acomodar também

⁸Com o desenvolvimento dos conhecimentos de Ecologia, que estuda as relações de interdependência entre os seres vivos e o meio físico, surgiram os primeiros parques nacionais como os de Yellowstone e do Grand Canyon situados na América do Norte (RIBEIRO, 2001).

⁹Organização internacional cujo objetivo declarado é facilitar a cooperação em matéria de direito internacional, segurança internacional, desenvolvimento econômico, progresso social, direitos humanos e a realização da paz mundial. A ONU foi fundada em 1945 após a Segunda Guerra Mundial para substituir a Liga das Nações, com o objetivo de deter guerras entre países e para fornecer uma plataforma para o diálogo. Ela contém várias organizações subsidiárias para realizar suas missões.

⁷Para Gonçalves (1990), na sociedade, a cultura é tomada como algo superior que conseguiu controlar e dominar a natureza. Assim, a revolução neolítica, a agricultura, um marco na História da humanidade, permitiu ao homem passar da coleta que a natureza “naturalmente” oferecia para a colheita daquilo que se planta, que se cultiva. “Com a agricultura nos tornamos sedentários e não mais nômades. Primitivos são aqueles que vivem da caça, pesca coleta (...)”

questões relativas aos recursos naturais. De qualquer forma, aquele autor salienta que as discussões sobre o meio ambiente tomam os primeiros contornos em relação à qualidade do ar, da água, do solo e dos sistemas de produção nos anos 1960.

Os anos 1970 constituem o ponto de inflexão, a crise do petróleo promove debates sobre o futuro e a permanência do estilo de desenvolvimento com base em uma fonte energética finita, somados à questão da poluição acompanhada não mais como uma preocupação de determinadas localidades ou regiões, mas em escala global. Assim, nasce o discurso ambiental por meio de trabalhos como “Small Is Beautiful” e “Limits to Growth”; o primeiro coloca a necessidade de avanço tecnológico e o segundo aponta a diminuição do consumo (MORALEZ, 2010). Na primeira Conferência da ONU sobre Meio Ambiente, realizada em 1972 em Estocolmo, são apresentadas propostas visando limitar o crescimento econômico e controlar o aumento populacional, numa discussão divergente que atravessou os anos 1980, entre os zeristas ou partidários do estado estacionário¹⁰, e os desenvolvimentistas seguros na solução tecnológica (RIBEIRO, 2001).

Na década de 1980, com o “Relatório Brundtland” ou “Nosso Futuro Comum”, é definido o conceito de desenvolvimento sustentável¹¹ como “o desenvolvimento que satisfaz as neces-

sidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades” (MORALEZ, 2010). Em 1992 é realizada a segunda grande reunião da ONU sobre o meio ambiente, a Rio-92¹², os conceitos de segurança ambiental global e de desenvolvimento sustentável são centrais para a nova ordem ambiental internacional. Conforme Ribeiro (2001), o primeiro versa sobre a necessidade de manter as condições da reprodução da vida humana e o segundo no sentido de regular o uso dos recursos naturais por meio de técnicas de manejo ambiental, de combate ao desperdício e à poluição.

Ainda na década de 1990, a realização em 1997 da Conferência de Kyoto e do Protocolo de Kyoto, documento que registra e constrói um acordo internacional sobre a redução das emissões dos gases de efeito estufa e seus impactos sobre o aquecimento global¹³. Na sequência, em 1998, em Lisboa, Portugal, a conferência sobre os oceanos; em 2000 a Conferência da ONU sobre mudanças climáticas de Haia, na Holanda e, em 2009, a COP 15, Conferência de Copenhague, com a intenção, sem sucesso, de propor avanços nas diretrizes estabelecidas no Protocolo de Kyoto que se estendeu na COP 16 realizada em 2010, no México.

No Brasil, por meio do Ministério do Meio Ambiente (MMA), o conceito de desenvolvimento sustentável foi acomodado na Agenda para o século XXI, que contempla questões ambientais, sociais e direitos humanos em ação que estabelece temas, projetos, objetivos, metas, planos e mecanismos de execução para diferentes aspectos tratados na Rio-92¹⁴. Ribeiro (2001) chama a

¹⁰A ideia de economia estável vem do pensamento econômico clássico e foi desenvolvida por John Stuart Mill em 1857, que a ela se referia como o “estado estacionário”. A ideia principal era a de constância da economia definida pelo equilíbrio dos estoques de população e de capital. A taxa de natalidade seria igual à de mortalidade e a taxa de produção idêntica à de depreciação, mantendo constantes os estoques de riqueza e população a níveis suficientes para manter a estabilidade num estado de equilíbrio dinâmico. Esse conceito integrava a economia clássica e em parte foi abandonado pela economia neoclássica, especialmente, os termos estacionário e estável foram redefinidos não a um estoque constante de população e capital, mas ao seu permanente crescimento proporcional. Na economia ecológica a estabilidade não está relacionada ao crescimento proporcional ou redução desses estoques, mas, sim, na necessidade de estabelecer limites de escala proporcionais à manutenção e renovação dos ecossistemas, ou seja, limites sustentáveis adequados às características de cada região (DALY; FARLEY, 2003).

¹¹Veiga (2005) aponta que o conceito de desenvolvimento sustentável ainda pode ser considerado insuficiente. O autor argumenta que são muitas as visões e entendimentos sobre as relações e harmonização de questões que envolvem aspectos ambientais, sociais e econômicos em diversas escalas.

¹²No mesmo período é criado no Brasil o Ministério do Meio Ambiente (MMA).

¹³A maior dificuldade para implementação do Protocolo é de ordem econômica. Os principais países poluidores, como Estados Unidos (EUA) e Japão, precisam alterar em muito a sua economia para atingir as metas acordadas em Kyoto. Para os EUA, o Congresso declara ser injusto o tratamento diferenciado concedido às partes em desenvolvimento e se recusa a ratificar o protocolo enquanto tais partes não forem também incluídas entre as que devem reduzir a emissão de gases estufa (RIBEIRO, 2001).

¹⁴O programa contém 4 seções, 40 capítulos, 115 programas e, aproximadamente, 2.500 ações a serem realizadas. Entre outros tópicos, estão: recursos naturais para o desenvolvimento, proteção da atmosfera, conservação do solo, combate ao desmatamento, administração de ecossistemas, combate à desertificação, viabilização da agricultura sustentável, desenvolvimento rural, conservação da diversidade biológica, a biotecnologia, proteção dos

atenção para um dos problemas da aplicabilidade do desenvolvimento sustentável; a necessidade de medir a capacidade de manutenção das condições de reprodução da vida humana e, ao mesmo tempo, permitir às gerações vindouras escolhas e condições de habitabilidade no futuro, a partir da herança de modelos tecnológicos devastadores e das possíveis alternativas a eles.

A inclusão do debate sobre sustentabilidade e envolvimento das ciências econômicas enfatizando especialmente as avaliações e a mensuração do que teoricamente seria o equilíbrio entre três dimensões, social, econômica e ambiental, encontra espaço em várias abordagens que procuram tratar essa relação. Porém, as mais discutidas na literatura são a Economia Ambiental Neoclássica e a Economia Ecológica.

A Economia Ambiental Neoclássica parte dos preceitos dos mecanismos de mercado incorporando a questão da sustentabilidade à aplicabilidade de preço “correto” estabelecido pelo equilíbrio entre a oferta e a demanda por recursos naturais, inclusive os fornecedores de bens e serviços ambientais (FERRAZ, 2003). Nessa visão a dinâmica do sistema econômico ocorre de forma isolada do meio ambiente a partir de dois insumos perfeitamente substitutos, capital e trabalho. Assim, o fornecedor de matérias-primas e energia para o processo de produção e o depositário dos resíduos e rejeitos gerados não são parte do predominante sistema econômico. Por sua vez, esses geram externalidades que, apoiadas num sistema de preços, podem ser internalizadas por meio da taxação do custo da degradação e da poluição geradas. Em Müller (2007 apud MORALES, 2010), esse processo acontece por meio de um planejador onisciente e do cálculo do ganho máximo de um indivíduo sem diminuir o de outros, o equilíbrio dessa situação ocorre por meio de políticas públicas de taxação e controle da poluição e degradação¹⁵.

No mesmo sentido, a possibilidade de valorização do capital natural pelo mercado pressupõe a sua perfeita substituição pelo capital construído,

oceanos, gestão dos recursos hídricos e do uso de produtos químicos, tóxicos e radioativos; e aspectos sociais e econômicos, minorias étnicas, regras para atuação das organizações não governamentais (ONGs), trabalhadores e os sindicatos, empresas e indústrias, comunidade científica, atuação dos agricultores, comércio e dívida externa.

¹⁵Construção a partir dos argumentos da teoria do agente poluidor e pagador de Pigou e do ótimo de Pareto (MORALES, 2010).

bens e serviços produzidos pelo homem; ao mesmo tempo a garantia de direitos de propriedade definidos tanto para o capital natural quanto o capital construído e, por consequência, a existência de mercado para ambos. A mesma visão estende-se às fontes de energia e matéria-prima dos processos produtivos, quanto maior a escassez, maior o preço e menor o seu uso. Assim, conforme Solow (1974) a substituição de recursos gerida pelos mecanismos de mercado e viabilizada pelo progresso tecnológico¹⁶ seria o caminho para a sustentabilidade, pautada na eficiência alocativa com resultados na redução de uso dos recursos naturais por unidade de produto produzida e por consequência a conservação do meio ambiente.

Müller (2005) aponta a existência de dois tipos de sustentabilidade de acordo com a abordagem teórica adotada. Dessa forma, vincula a economia ambiental neoclássica à sustentabilidade fraca, a partir do entendimento de que essa vertente considera a limitação da oferta dos recursos naturais, é otimista em relação à perfeita substituição destes por recursos produzidos e ao desenvolvimento tecnológico, além dos mecanismos de mercado. Porém, não acomoda de forma adequada, conforme Ferraz (2003), as questões associadas à impossibilidade de reposição ou perda da biodiversidade, os custos da energia e do tempo necessário para formação ou restabelecimento dos recursos naturais renováveis. Dessa forma, Müller (2005) abre caminho para a sustentabilidade forte, menos otimista em relação aos limites dos recursos naturais e ao crescimento econômico, onde prevalece a abordagem da economia ecológica.

A economia ecológica tem seus alicerces nos argumentos construídos pelo economista Georgescu-Roegen a partir das Leis da Termodinâmica - Lei da Conservação e Lei da En-

¹⁶Diamond (2007) discute porque algumas sociedades do passado e do presente são bem-sucedidas ou fracassam na resolução dos seus problemas ambientais. Para isso estabelece 12 grupos inter-relacionados de desafios ou problemas que envolvem a destruição ou perda de recursos naturais, os limites desses recursos é a forma como as sociedades produzem ou transformam a natureza em bens e serviços. Enfatiza, ainda, que a fé na tecnologia para solução de questões ambientais e sociais supõe um futuro com técnicas de produção que não deixarão problemas; numa referência aos avanços tecnológicos alcançados durante o século XX e as consequências negativas instaladas atualmente, ou seja, as consequências das escolhas tecnológicas nem sempre podem ser estabelecidas.

tropia¹⁷, que apontam os limites biofísicos do planeta e a impossibilidade de expansão do sistema econômico além dos limites da natureza. Dessa forma, para Daly e Farley (2003) a sustentabilidade implica a preocupação com a disponibilidade de recursos naturais para a manutenção dos serviços essenciais prestados pela natureza, traduzidos no estoque de insumos e no fundo de serviços¹⁸. Esses autores tratam a relação economia, meio ambiente e sociedade a partir do entendimento de que o sistema econômico é limitado pelo sistema formado pelos recursos naturais, os ecossistemas. Assim, a expansão da produção de bens e serviços deve ser condicionada a uma escala sustentável limitadora do subsistema econômico. Colocam, ainda, que as instituições acomodadas em políticas têm papel fundamental na definição dos caminhos a serem seguidos, estabelecendo limites e formas de distribuição. Nesse contexto, destacam a tecnologia, trazida nas técnicas de produção e utilização dos recursos naturais, como um dos meios para alcançar os objetivos definidos.

A discussão até aqui colocada permitiu visualizar a construção histórica da sustentabilidade e as principais abordagens da ciência econômica que procuram acomodar seus preceitos. A próxima seção busca identificar os desdobramentos da sustentabilidade na agricultura, a sustentabilidade agrícola e a agricultura sustentável.

3 - SUSTENTABILIDADE NA AGRICULTURA

O conceito de agricultura sustentável abrange um amplo leque de visões, que prevê desde simples adequação dos sistemas de produção até profundas mudanças estruturais e, envolve a conservação dos recursos naturais, a utilização de tecnologias apropriadas, bem como a viabilidade econômica e social (FERRAZ,

2003). Sachs (2000) destaca a importância da agricultura sustentável ao colocar que uma nova forma de civilização passa pelo aproveitamento sustentável dos recursos renováveis, no esforço de cancelar a enorme dívida social acumulada e reduzir a dívida ecológica. O autor coloca ainda a necessidade de transformar o conhecimento dos povos dos ecossistemas, habitantes das florestas e população rural, ao decodificar e recodificar por meio da ciência o estudo da biodiversidade, dos ecossistemas, das paisagens e da diversidade cultural entrelaçadas num processo histórico de co-evolução. Isso implica uma abordagem holística e interdisciplinar, na qual cientistas naturais e sociais precisam trabalhar juntos em favor do aproveitamento dos recursos da natureza sua diversidade e conservação, pautado no entendimento de que todas as atividades econômicas estão solidamente fincadas no ambiente natural.

A fundamentação desse olhar está em Leff (1994), ao apontar as estratégias do ecodesenvolvimento por meio da reorganização produtiva que integra os níveis de produtividade natural e tecnológica. A primeira deve basear-se na conservação das estruturas ecológicas básicas para garantir a produtividade sustentável dos recursos naturais e a segunda na intervenção de tecnologia ecológica que produza sem modificar ou prejudicar os ecossistemas. Dessa forma, a produtividade ecotecnológica deve assegurar um aumento na eficiência dos processos de transformação industrial, adequando os diferentes recursos energéticos aos tipos de necessidades, aumentando a produtividade baseada em recursos inesgotáveis, como a energia solar.

Essa ordem traz em seu bojo o processo de modernização, apontado por Sachs (2000) como a segunda revolução verde ou revolução duplamente verde. Esse instrumental apresenta duas facetas teórico-prática: a gênese de seu processo de estruturação e o conhecimento de sua especificidade, em cada situação concreta, da articulação entre o histórico e o biológico, e a segunda refere-se às práticas harmônicas entre ecossistemas e sociossistemas para o desenvolvimento sustentável¹⁹. O ecodesenvolvimento

¹⁷A primeira lei afirma que a quantidade disponível de matéria no planeta é constante e convertida pela interconversão entre trabalho, calor e energia. A segunda lei aponta que matéria e energia condicionam a capacidade de gerar trabalho, sendo disponíveis, baixa entropia, para indisponíveis, alta entropia. Neste processo há perdas sem possibilidade de captação (HINRICHS; KLEINBACH, 2008).

¹⁸Fundos de serviços correspondem aos recursos naturais essenciais para a manutenção da vida na terra, como a temperatura, o ciclo de chuvas primordial para a disponibilidade de água, além do ar e da dinâmica dos oceanos (DALY; FARLEY, 2003).

¹⁹Nesse quadro a etnobotânica pode ser um caminho ao tentar desvendar as relações existentes entre grupos étnicos com o meio vegetal e traduzi-los em conhecimentos aplicados nas formas de intervenção dos modos de produção focados em produtividade e capital (LEFF, 1994).

não foge da reorganização produtiva e de um novo olhar sobre a inovação por meio de tecnologias integradas aos níveis de produtividade natural e conservadoras das estruturas ecológicas básicas, assegurando, assim, o aumento na eficiência dos processos de transformação industrial. Por outro lado, não se traduz em processos de produção de baixa produtividade e, sim, no desafio de manter uma dinâmica constante de inovações atrelando ciência e tecnologia no desenvolvimento de novos processos de produção.

Para Leff (1994), dada a complexidade de seus objetivos, uma racionalidade ecotecnológica ainda não conta com os meios e instrumentos necessários para sua realização. Porém, suas potencialidades abrem novas vias para o desenvolvimento econômico e social. Tanto que Sachs (1994) identifica a concepção de ecodesenvolvimento em cinco dimensões: a) sustentabilidade social, diminuir as distâncias socioeconômicas existentes entre as populações, b) sustentabilidade econômica e eficiência econômica, avaliadas também em termos sociais, além da lucratividade e rentabilidade, c) sustentabilidade ecológica, voltada ao controle da poluição, conservação de energia e recursos naturais, adequação tecnológica e instituições regulatórias, d) sustentabilidade espacial, relacionada à configuração rural e urbana mais equilibrada na distribuição das populações e das atividades econômicas e e) sustentabilidade cultural, manutenção da pluralidade de soluções particulares à cultura de cada local.

A perspectiva acima colocada traz rupturas com o padrão de desenvolvimento agrícola moderno ou convencional que se intensificou após a Segunda Guerra Mundial, disseminado no Brasil nos anos 1960 e 1970 pela chamada revolução verde. Essa preconizava a adoção de pacotes tecnológicos intensivos em insumos modernos, fertilizantes e defensivos agrícolas, em variedades melhoradas geneticamente, mecanização e expansão da fronteira agrícola. Um padrão que passou a prevalecer na produção agrícola mundial e brasileira, que apresenta como resultados o aumento da produtividade e da escala de produção, mas com impactos, conforme aponta Ferraz (2003), no uso do solo, da água, erosão, desertificação, sedimentação, poluição química e diminuição da diversidade ambiental. Dessa forma, de acordo com Carvalho (1996), as

exigências tecnológicas atuais pautadas na perspectiva da sustentabilidade são diferentes da época da revolução verde e impõem a acomodação de um novo padrão divergente do produtivista, em que aspectos ambientais e sociais são frequentemente ignorados.

Nesse sentido, Carmo (1998) argumenta que a concepção física de agricultura sustentável visa manter a produtividade do solo, o que altera o enfoque produtivo da relação nutrição da planta x pragas x doenças, para o solo e suas reações às técnicas empregadas. A vida do solo, o equilíbrio dos ecossistemas, a diversificação e o uso de matéria orgânica são alguns dos elementos que devem ser repensados em uma nova agricultura. Porém, esses pressupostos básicos não são suficientes para impor um novo padrão tecnológico sustentável. A sustentabilidade, em sentido pleno, além do enfoque técnico-produtivo, envolve o econômico e o social e não pode prescindir do enfoque ambiental associado à exploração dos recursos naturais. O autor sistematiza as principais diferenças entre a agricultura convencional e a sustentável, conforme apresentado no quadro 1.

A discussão até aqui colocada deixa evidente aspectos que fundamentam as diferenças entre o padrão de produção agrícola e suas ramificações industriais sob duas visões. A convencional estabelecida no modelo de desenvolvimento dos anos pós-segunda guerra e os resultados alcançados a partir dos elementos de produção que buscam acomodar um modelo de agricultura sustentável ampliando as variáveis que devem ser observadas. Ao mesmo tempo, expõe a complexidade de interações que a perspectiva da sustentabilidade impõe e por consequência a dificuldade de mensurar e expressar indicadores sustentáveis da eficiência econômica, social e ambiental alcançada a partir da alteração das técnicas de produção.

Conforme aponta Ferraz (2003), os indicadores de sustentabilidade devem refletir as alterações nos atributos de produtividade, resiliência, estabilidade e equidade específicos para cada sistema e em uma escala de tempo. Assim não existem indicadores universais, mas metodologias que contemplem a medida do efeito da operação do sistema sobre as características significativas de elementos pertencentes a uma determinada categoria de análise, como: gestão, produção, recursos naturais básicos e im-

QUADRO 1 - Diferenças entre Agricultura Sustentável e Convencional

Agricultura sustentável	Agricultura convencional
<p>Aspectos tecnológicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Adaptação às diversas condições regionais, - Atuação preventiva em relação à adoção de técnicas de produção, - Manejo conservacionista do solo e da biodiversidade. <p>Aspectos ecológicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diversificação de culturas, rotação e cultivos consorciados (vegetal e animal), - Integra, sustenta e intensifica as interações biológicas, - Adaptação às variações das condições ambientais. <p>Aspectos socioeconômicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Retorno econômico a médio e longo prazo, com elevado objetivo social, - Alta eficiência energética, - Produtos de alto valor biológico e sem resíduos químicos. 	<p>Aspectos tecnológicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pacotes tecnológicos alteram as condições locais, - Manejo do solo intenso em movimentação, erosão e compactação, - Desconsidera a atividade orgânica e biológica e a biodiversidade. <p>Aspectos ecológicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pouca diversificação, predomínio de monoculturas, - Redução e simplificação das interações biológicas, - Intervenção nas variações ambientais. <p>Aspectos socioeconômicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rápido retorno econômico e segmentado, - Baixa eficiência energética, - Produtos de menor valor biológicos e com resíduos químicos.

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Carmo (1998).

pactos de políticas ambientais (PESSOA et al., 2003).

Nesse sentido, traça-se um quadro de análise pautado na adoção de tecnologias de produção, especialmente agrícola, e seus efeitos ao longo do tempo, acomodados em categorias sociais, ambientais e econômicas, a partir dos seguintes elementos: resíduos e técnicas de produção, eficiência energética, mecanização, produtividade, gestão e políticas regulatórias. Dessa forma, para estudo que objetiva identificar as principais mudanças ocorridas no sistema de produção da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo e por consequência na produção de açúcar, etanol e eletricidade, define-se o período de análise com início da década de 1970 até a primeira década dos anos 2000. Tal recorte justifica-se pelo primeiro estágio de expansão da produção de cana-de-açúcar e de etanol numa época de questionamentos sobre a viabilidade do uso do petróleo e das primeiras discussões relacionadas ao meio ambiente, os anos 1970. E o segundo momento de expansão atrelado mais uma vez à produção de etanol, com domínio do comércio dos carros *flex fuel*, especialmente a partir de 2003 e a um novo olhar sobre o uso dos recursos naturais.

4 - MUDANÇAS NA PRODUÇÃO E INDUSTRIALIZAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR PAULISTA

A produção brasileira de cana-de-açúcar e a combinação do seu destino entre açúcar e etanol passam a ser instrumentalizada pelas ações do Instituto de Açúcar e Alcool (IAA), criado em 1933. Esse instituto tinha por objetivo a definição, implantação e gestão dos incentivos e políticas governamentais voltados ao setor sucroalcooleiro. As décadas de 1950 e 1960 são marcadas por estratégias executadas e controladas pelo IAA que resultaram na ampliação da produção de cana-de-açúcar e por consequência de açúcar em álcool, especial no Estado de São Paulo, que, na época, já respondia por 60% da produção brasileira.

Na década de 1970, com a crise do petróleo²⁰, os incentivos a esse segmento da agri-

²⁰Para Szmrecsányi e Moreira (1991), o PROALCOOL fora formulado e estabelecido menos como uma solução para a "crise energética" do Brasil, do que como uma alternativa para a previsível capacidade ociosa da sua agroindústria canavieira; tanto que o programa oferecia taxas de juros subsidiadas e correção monetária muito inferior à inflação da época, a resposta foi um crescimento rápido da produção de etanol, principalmente em São Paulo, que já era responsável por dois terços da produção brasileira.

cultura são intensificados e organizados em programas e marcam o primeiro período de expansão da produção canavieira: Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-açúcar (PLANALSUCAR), Programa de Racionalização da Indústria Açucareira, Programa de Apoio à Indústria Açucareira e o Programa Nacional de Álcool (PROALCOOL). Nesse contexto, o PLANALSUCAR se destaca como instrumento de apoio e financiamento às atividades de pesquisa visando o estabelecimento de variedades e técnicas de manejo que resultassem no aumento da produtividade da produção agrícola e industrial²¹. Já as questões relacionadas ao mercado, comercialização, expansão das instalações industriais, distribuição e uso do álcool estavam acomodadas no PROALCOOL. A partir de então, se inicia um período de incentivos e subsídios à pesquisa técnico-científica e ao mercado que se estende até meados da década de 1980. Em seguida, com a extinção do IAA em 1990, inicia-se o processo de retirada do governo e um período de retração e incertezas que impulsionou novas possibilidades tecnológicas e oportunidades de negócios pautados em novos parâmetros de competitividade (BELIK, 1985; VIAN, 2002).

Os arranjos institucionais descritos possibilitaram acomodar ações voltadas às atividades de pesquisa e ao desenvolvimento tecnológico da produção agrícola da cana-de-açúcar; contou com amplo apoio do governo, tanto no financiamento de projetos de pesquisas quanto no estabelecimento e manutenção de infraestrutura e na formação de profissionais, especialmente durante as décadas de 1970 e 1980. Esses esforços supervisionados pelo comando do IAA e somados aos investimentos da iniciativa privada estabeleceram as condições atuais da produção de etanol no Brasil. Conforme apontam Nogueira e Macedo (2006), o etanol brasileiro reflete um denso processo de aprendizagem e desenvolvimento que envolveu desde as condições agrícolas até os usos finais do produto, e contou com legislação específica, subsídios à produção e investimentos em pesquisa. Assim, o segmento sucroalcooleiro inicia o século XXI com um novo momento de expansão impulsionado principalmente pelos carros *flex fuel*, pela ampliação dos

percentuais de adição do álcool anidro à gasolina e pelo aumento do consumo do álcool hidratado. Nesse momento, também estão presentes as questões ambientais relacionadas à redução das emissões dos gases de efeito estufa provenientes dos transportes. Essas novas perspectivas estão atreladas ao mercado internacional, não só ao tradicional mercado da *commodity* açúcar, mas à possibilidade da participação do etanol. O cenário futuro inclui o interesse de países, especialmente os signatários do Protocolo de Kyoto, em adicionar o etanol de forma ampla e regular nas suas matrizes energéticas, gerando, de um lado, oportunidades e, de outro, a necessidade de adequar-se às novas exigências.

Ao longo desse período, que compreende os dois momentos de expansão, a produção de cana-de-açúcar e sua industrialização passaram por várias mudanças envolvendo elementos técnicos, sociais, ambientais, econômicos e institucionais. Essas mudanças refletem não só ajustes do ponto de vista da produção de açúcar e etanol, mas também tentativas de acomodar a perspectiva de sustentabilidade a partir de questões relacionadas ao descarte dos resíduos da produção, eficiência energética, condições de trabalho, gestão de processos, preservação e resultados econômicos.

Nesse sentido, pode-se destacar a vinhaça ou vinhoto, um subproduto da industrialização da cana com elevada demanda química e biológica de oxigênio e, portanto, altamente poluidor, porém rico em matéria orgânica e potássio. Nas décadas de 1970 e 1980 era depositada, sem tratamento, nos mananciais de superfície, destruindo a flora e a fauna aquática e comprometendo a qualidade da água, ou em áreas de sacrifício, contaminando o solo. Com o aumento da produção de etanol várias possibilidades surgem para a destinação da vinhaça: a aerobiose, a reciclagem do efluente na fermentação, a ferti-irrigação, a combustão, a produção de levedura, o uso na construção civil, na fabricação de ração animal e a digestão anaeróbica. Da mesma forma, a regulação sobre a vinhaça também é trabalhada; em 1978 as usinas são obrigadas a apresentar projetos de implantação de tratamento e utilização da vinhaça e outras alterações em 1984 e 1986. Em 1988, a Lei n. 6.134, do Estado de São Paulo, condiciona o lançamento dos resíduos sólidos, líquidos e gasosos de forma a não poluírem as águas subterrâneas (CORAZZA,

²¹Em 1975 a produtividade média da cana no Brasil era de 47 toneladas/ha que ao longo dos anos foi sendo ampliada; a safra 2008 registra uma produtividade média de 78 toneladas/ha (MAPA, 2009).

2006). Assim, a ferti-irrigação passa a ser bastante utilizada naquele Estado em duas formas, por canais, e por caminhão com impacto considerável na redução do uso de fertilizantes e da poluição, com resultados econômicos. Porém, gargalos tecnológicos são apontados: fragilidade na adequação dos processos industriais para reduzir o volume de vinhaça, armazenamento, distribuição e aplicação, necessidade de caracterização da vinhaça nos novos processos de fermentação e adequação do sistema industrial, novas formas de regulação e fiscalização na gestão ambiental e manejo da vinhaça (MUTTON; ROSSETO, MUTTON, 2010).

Outra questão amplamente discutida é a necessidade de queima da cana para a sua colheita. Em 2000, no Estado de São Paulo a legislação sobre esse tema foi estabelecida por meio da lei 10.547/00²², contendo procedimentos, proibições, regras de execução e medidas de precaução quando do emprego do fogo em práticas agrícolas, pastoris e florestais (SÃO PAULO, 2000). A eliminação gradativa da queima da palha foi estabelecida em São Paulo pela lei 11.241/02²³, de 2002, estipulando prazos para o fim da queima de cana estado até 2021 para as áreas com declividade inferior a 12% e até 2031 para as áreas acima de 12% de declividade (SÃO PAULO, 2002).

Esses termos relacionam a solução tecnologia disponível, colheita mecanizada ou semi-mecanizada, que tem limitações técnicas para uso em áreas com declividade superior a 12%. A utilização da colheita mecanizada tem seus custos e benefícios ramificados por vários elementos. Com a eliminação da queima não haverá emissão de partículas e gases que comprometem a qualidade do ar nas regiões produtoras. Além disso, a utilização da palha juntamente com o bagaço na geração de energia²⁴ tanto consu-

mida na própria usina quanto no fornecimento para a rede elétrica e a possibilidade de manutenção das características do solo e dos benefícios do plantio direto (MAGALHÃES; BRAUN-BECK, 2010). Porém, a colheita mecanizada interfere de forma significativa em questões relacionadas à mão de obra empregada na produção da cana.

O mercado de trabalho do sistema agro-industrial da cana, discutido por Moraes (2007), aponta alterações em elementos importantes, como a terceirização da mão de obra e as formas de regulação, além da mecanização e redução da demanda por mão de obra, a qualidade das condições de trabalho e a aplicação da legislação trabalhista. Dessa forma, os resultados do estudo mostram o aumento expressivo dos empregos formais (53%) no período de 2000 a 2005, o predomínio de trabalhadores entre 18 e 49 anos com baixa escolaridade (30% com quatro anos de estudo incompletos) e uma média salarial acima de outras ocupações do segmento agroindustrial. Por outro lado, o estudo de Moraes (2007) coloca a mecanização como um componente que possibilita a substituição de uma forma de trabalho degradante, mais que reduzindo postos de trabalho para um contingente de trabalhadores que terá dificuldades para ser alocado em outras atividades e, portanto, há necessidade de ações que busquem diminuir esse gargalo evidente.

Nesse sentido, algumas ações podem ser destacadas, como o Programa Cana Limpa, criado em 2004, pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR), com abrangência nacional e objetivo de capacitar a mão de obra de todo o segmento sucroalcooleiro, do plantio à colheita, do transporte da matéria-prima à fabricação de açúcar e álcool. Outra iniciativa, vinculada ao governo federal e relacionada à legislação trabalhista, previdenciária, o impacto da mecanização sobre a geração de emprego que, em meados de 2009, estabeleceu a adesão voluntária das usinas ao termo de Compromisso Nacional para Aperfeiçoar as Condições de Trabalho na Cana-de-Açúcar²⁵. Ao mesmo tempo, o setor sucroalcooleiro paulista deu início ao Programa

²²Em 2001 essa lei foi regulamentada pelo decreto n. 45.869/01 no que diz respeito à queima da palha da cana-de-açúcar (SÃO PAULO, 2001).

²³Regulamentada pelo Decreto n. 47.700/03 (SÃO PAULO, 2003).

²⁴A geração de energia a partir do bagaço da cana vem sendo cada vez mais utilizada pelas usinas para suprir seu uso industrial e recentemente passaram também a participar dos leilões de compra de energia elétrica organizados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Esses empreendimentos além da possibilidade de venda de energia também podem participar de projetos destinados ao Mercado de Créditos de Carbono.

²⁵Termo de adesão, denominado Compromisso Nacional, tem como objeto a cooperação entre o setor privado e público para viabilizar ações destinadas a aperfeiçoar as condições de trabalho no cultivo manual da cana-de-açúcar, valorizando e difundindo boas práticas empresariais.

Renovação²⁶ voltado para o treinamento e requalificação de trabalhadores rurais que atuam no corte de cana com o objetivo de prepará-los para outras funções dentro ou fora do segmento canavieiro.

As estruturas sociais no contexto da cana ultrapassam os elementos restritos ao mercado de trabalho ao alterarem as relações com o espaço e o território. Seu padrão produtivo atrelado à eficiência de escala tem reflexos na distribuição e uso da terra caracterizado pelo processo de arrendamento e pela dinâmica socioeconômica que imprime nas regiões produtoras de cana e nas que abrigam a etapa industrial. Conforme Camargo et al. (2008), deve-se ressaltar que o avanço da cana-de-açúcar é um fator determinante para o aumento da concentração da posse da terra, pois o arrendamento de pequenas e médias propriedades, onde se produzem principalmente alimentos básicos. Tem como característica a destruição das benfeitorias existentes, o que praticamente inviabiliza o retorno à terra dos seus proprietários no final do arrendamento, sendo reforçado também pela compra da terra, tanto por brasileiros quanto por estrangeiros.

Diante desse quadro, pode-se considerar que regionalmente não se tem apenas um rearranjo produtivo do setor agropecuário, mas o novo ciclo canavieiro vem impor impactos sociais. Assim, se fazem necessárias medidas que resguardem e estimulem a permanência dos produtores na terra, como forma de minimizar a expansão da monocultura, que acarreta problemas de dependência econômica das regiões e alteração da paisagem com desdobramentos importantes para conservação da biodiversidade.

Como discutido a agroindústria canavieira, depois o setor sucroalcooleiro, ou como é chamado atualmente, o setor sucoenergético, contou com apoio governamental por algumas décadas e posteriormente por adaptação aos novos recortes econômicos. O momento atual desencadeou a busca por novas estratégias de gestão com base na governança corporativa, na transparência e na adoção de novos instrumentos de controle. Além disso, o acesso aos meca-

nismos financeiros regulados passa por critérios alicerçados em indicadores que avaliam aspectos econômicos, ambientais e sociais de acordo com a perspectiva de sustentabilidade presente nas demandas dos consumidores.

Nesse sentido, o Protocolo Agroambiental²⁷, termo de cooperação de adesão voluntária estabelecido com o objetivo de incentivar a antecipação da redução da queima da palha da cana-de-açúcar, busca contribuir para que o setor altere mecanismos de gestão e técnicas de produção de forma a se adequar às diretrizes estabelecidas. O termo envolve a busca da produção sustentável a partir da mitigação dos impactos sobre os recursos naturais como a proteção de nascentes e dos remanescentes florestais, o controle de erosões, o adequado gerenciamento das embalagens de agrotóxicos e controle da poluição. Paralelamente, em 2008, o governo paulista e, em 2009, o Federal, definiram o zoneamento agroambiental procurando disciplinar e organizar a expansão e ocupação do solo pelo setor canavieiro para nortear o planejamento de políticas públicas voltadas ao setor com responsabilidade socioambiental (SÃO PAULO, 2007). Tais iniciativas são importantes num ambiente que também inclui as possibilidades dos biocombustíveis de segunda geração, da álcoolquímica e das biorrefinarias.

O biocombustível de segunda geração é colocado como solução para incrementar a produção de etanol dentro da perspectiva da sustentabilidade. Tal possibilidade seria resposta às críticas feitas à produção em larga escala, dentre elas, a preocupação com disputa entre energia e alimentos. A utilização de extensas áreas agricultáveis em condições edafoclimáticas favoráveis, incorrendo na ampliação do uso de terras e no deslocamento de culturas para regiões de alto valor ambiental, o que implicaria pressão sobre as coberturas nativas e alteração nos preços de alimentos e dos biocombustíveis. Assim, o etanol de segunda geração, a partir de material lignocelulósico, poderia avançar, no caso, do uso da cana, como matéria-prima de maior valor agregado, valorizando seus subprodutos, especial-

²⁶O Programa é coordenado pela União da Agroindústria Canavieira de São Paulo (UNICA), em parceria com a Federação dos Empregados Rurais Assalariados do Estado de São Paulo (FERAESP), com patrocínio das empresas Syngenta, John Deere e Case IH e apoio do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID).

²⁷Termo de compromisso firmado entre o Governo de São Paulo e o setor sucroalcooleiro, em 2007, com a União da Agroindústria Canavieira de São Paulo (UNICA) e, em 2008, com a Organização de Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil (ORPLANA), representando o Segmento de Fornecedores (SÃO PAULO, 2007).

mente a palha e o bagaço, e novas aplicações industriais e processos. O principal desafio está na viabilidade da tecnologia de conversão que tem fomentado a corrida internacional pelo seu domínio, aplicação e definição de matérias-primas, entre países da União Européia, Estados Unidos e Brasil (NYKO et al., 2010).

No mesmo sentido, as aplicações da álcoolquímica e das biorrefinarias têm suas atenções voltadas aos subprodutos da cana e da sua industrialização para atendimento da ampliação das demandas por produtos petroquímicos dentro de uma estratégia de sustentabilidade no uso de matérias-primas renováveis e de seus resíduos de maneira integral e diversificada, para produção de uma variedade de substâncias e energia com a mínima geração de resíduos e emissões de gases poluidores (BASTOS, 2007).

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A perspectiva da sustentabilidade e a amplitude de variáveis que ela mobiliza têm sido acompanhada de novos desafios impostos aos segmentos econômicos. Para atividades agroindustriais, como as que envolvem a produção de cana-de-açúcar, acomodar parâmetros de sustentabilidade exige mudanças tanto no processo de produção agrícola quanto no de industrialização. Assim, a mesma perspectiva abre novas oportunidades ao traduzir em solução as fontes renováveis de insumos e de energia. Dessa forma, este estudo procurou identificar as principais mudanças ocorridas no sistema de produção da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, apoiando-se na construção da ideia de sustentabilidade e seus contornos nas ciências econômicas e na agricultura. Tal caminho possibilitou compor um quadro de análise por meio de revisão de literatura que vincula aspectos sociais, ambientais e econômicos aos resíduos e técnicas de produção,

eficiência energética, mecanização, produtividade, gestão e políticas regulatórias.

Os resultados apontam mudanças expressivas nas técnicas de produção da cana e no destino dos então resíduos e atualmente subprodutos da industrialização. As preocupações com a vinhaça, com as queimadas para colheita e com as condições de trabalho, além das novas possibilidades para o uso não só da própria vinhaça, como também do bagaço e da palha. Nesse cenário estão a geração e a comercialização de energia elétrica, a busca por eficiência de conversão no etanol de segunda geração e o potencial da álcoolquímica e das biorrefinarias, num novo mercado para produtos sustentáveis de origem vegetal em substituição aos petroquímicos.

Os elementos aqui trabalhados evidenciam a nova lógica em que se insere a produção da cana-de-açúcar, sua industrialização e as alterações ocorridas no processo de produção, tanto técnicas quanto socioeconômicas, no esforço para alterar padrões estabelecidos num complexo agroindustrial com bases distintas das visualizadas pela perspectiva de sustentabilidade. Os desafios são enormes, porém com os esforços, ainda que insuficientes, de certa forma, podem ser percebidos e quando analisados evidenciam a necessidade de políticas públicas direcionadoras das estratégias de ciência e tecnologia e de gestão das questões socioeconômicas que envolvem a trajetória do setor açucareiro, sucroalcooleiro e agora sucroenergético.

O pensar em soluções de problemas sociais, ambientais e econômicos não é apenas de natureza técnica, mas uma opção político-cultural. Naturalmente a tecnologia é uma construção social e não deve ser colocada como a solução soberana dos entraves criados, ou seja, é inevitável a ocorrência de rupturas no processo vigente para atingir os objetivos da sustentabilidade. Um horizonte que implica numa consciência social mais preocupada com todos.

LITERATURA CITADA

ALTVATER, E. **O preço da riqueza: pilhagem ambiental e a nova (des)ordem mundial**, São Paulo: Editora UNESP, 1995, 332 p.

BASTOS, V. D. **Etanol, álcoolquímica e biorrefinarias**. Rio de Janeiro: BNDES, 2007 (Setorial BNDES, n. 25, p. 5-38).

BAUMAN, Z. **Globalização**: as consequências humanas. Tradução de Marcus Penchel. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1999, 148 p.

BELIK, W. A tecnologia em um setor controlado: o caso da agroindústria canavieira em São Paulo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**. Brasília, v. 2, n. 1, p. 99-136, jan./abr. 1985.

CAMARGO, A. M. P. et al. Dinâmica e tendência da expansão da cana-de-açúcar sobre as demais atividades agropecuárias, Estado de São Paulo, 2001-2006. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 38, n. 3, p.47-66, mar. 2008

CARMO, M. S. A produção familiar o *locus* ideal da agricultura sustentável. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 45, t. 1, p.1-15, 1998.

CARVALHO, S. M. P. A Importância da superação do paradigma produtivista pelos sistemas estaduais de pesquisa, **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 13, n.1, p 21-42, 1996.

CORAZZA, R. I. Impactos ambientais da vinhaça: controvérsias científicas e lock-in na fertirrigação. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 44., 2006, Fortaleza. **Anais...** Brasília: SOBER, 2006.

DALY, H. E.; FARLEY, J. **Ecological economics**: principles and applications, Washington: Island Press, 2003, 454 p.

DIAMOND, J. **Colapso**: como as sociedades escolhem o fracasso ou o sucesso. 5. ed., Rio de Janeiro: Record, 2007, 685 p.

FERRAZ, J. M. G. As dimensões da sustentabilidade e seus indicadores. In: MARQUES, J. F. et al. (Org.) **Indicadores de sustentabilidade em agrossistemas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 15-35, 2003.

GONÇALVES, W. P. **Os (des)caminhos do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 1990, 45 p.

HINRICHS, R.A.; KLEINBACH, M. **Energia e meio ambiente**, São Paulo: Cengage Learning, 2008, 543 p.

LEFF, E. **Ecología y capital**: racionalidad ambiental, democracia participativa y desarrollo sustentable. Cidade del México: Siglo Veintuno, 1994, 228p.

MAGALHÃES, P.S.G.; BRAUNBECK, O. A. Colheita de cana-de-açúcar e palha. In: CORTEZ, L. A. B. (Coord.) **Bioetanol de cana-de-açúcar**: P&D para produtividade e sustentabilidade, São Paulo: Blücher, p 465-476, 2010. 992 p.

MINISTÉRIO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **Anuário estatístico da agroenergia**, Brasília: MAPA, 2009, 161 p.

MORAES, M. A. F. D. Indicadores do mercado de trabalho do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar do Brasil no período 1992-2005. **Estudos Econômicos**, v. 37, n. 4, p. 875-902, 2007.

MORALEZ, R. D. S. **Energia, desenvolvimento e sustentabilidade**: elementos para uma crítica do paradigma mecanicista. 2010, 129 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do ABC, Santo André, 2010.

MOITA-NETO, J. M. **O conceito multidisciplinar de resiliência**. Teresina: FAPEPI, 2006. Disponível em: <<http://www.fapepi.pi.gov.br/novafapepi/ciencia/documentos/Resili%EAnciaMoita.PDF>>. Acesso em: 24 jan. 2011.

MUELLER, C. O debate dos economistas sobre a sustentabilidade: uma avaliação sob a ótica da análise do processo produtivo de Georgescu-Roegen. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 1-23, out./dez. 2005.

MUTTON, M. A.; ROSSETTO, R.; MUTTON, M. J. R. Utilização agrícola da vinhaça. In: CORTEZ, L. A. B. (Coord.) **Bioetanol de cana-de-açúcar**: P&D para produtividade e sustentabilidade. São Paulo: Blücher, p 423-440, 2010. 992 p.

NOGUEIRA, L. A. H.; MACEDO, I.C. Biocombustíveis. In: MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO. Secretaria de Planejamento e Investimentos Estratégicos. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE. **Estudo da dimensão territorial do PPA: estudos prospectivos setoriais e temáticos - Módulo IV**. Brasília: CGEE/SPI/MP, p. 3-87, 2006 (Relatório Técnico).

NYKO, D. et al. **A corrida tecnológica pelos biocombustíveis de segunda geração: um perspectiva comparada**. Biocombustíveis. Rio de Janeiro: BNDES, 2010 (Setorial BNDES, n. 32, p. 5-48).

OLIVETTE, M. P. A. A Questão regional no contexto da sustentabilidade frente à competitividade: uma breve reflexão, **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 36, n. 5, p. 7-14, maio 2006.

PESSOA, M. C. P. Y. et al. Subsídios para a escolha de indicadores de sustentabilidade. In: MARQUES, J. F. et al. (Orgs.). **Indicadores de sustentabilidade em agrossistemas**, Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p.37-58, 2003.

PORTER, M. E. **A Vantagem competitiva das nações**. Rio de Janeiro: Campus, 1993, 897 p.

RIBEIRO, W. C, **A ordem ambiental internacional**. São Paulo: Contexto, 2001, 176 p.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável: idéias sustentáveis**, Rio de Janeiro: Garamond, 2000, 96 p.

_____. Estratégias de transição para o século XXI. **Cadernos de Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba: Universidade Federal do Paraná, n. 02, p. 47-62, 1994.

SÃO PAULO (Estado). Decreto n. 45.869, de 22 de junho de 2001. Regulamenta, no que concerne à queima da palha da cana-de-açúcar, a Lei nº 10.547, de 2 de maio de 2000, que define procedimentos, proibições, estabelece regras de execução e medidas de precaução a serem obedecidas quando do emprego do fogo em práticas agrícolas, pastoris e florestais. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, 3 maio 2001.

_____. Decreto n. 47.700, de 11 de março de 2003. Regulamenta a Lei n. 11.241, de 19 de setembro de 2002, que dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, 18 mar. 2003.

_____. Lei n. 10.547, de 2 de maio de 2000. Define procedimentos, proibições, estabelece regras de execução e medidas de precaução a serem obedecidas quando do emprego do fogo em práticas agrícolas, pastoris e florestais, e dá outras providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, 23 jun. 2000.

_____. Lei n. 11.241, de 19 de setembro de 2002. Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, 20 set. 2002.

_____. **Protocolo agroambiental**: Protocolo de cooperação que celebram entre si, o Governo do Estado de São Paulo, a Secretaria de Estado do Meio Ambiente, a Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento e a União da Agroindústria Canavieira de São Paulo para a adoção de ações destinadas a consolidar o desenvolvimento sustentável da indústria da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. São Paulo: GESP/ SMA/SAA/ÚNICA, 04 jun. 2007. 3 p. Disponível em: <<http://homologa.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/oquee/protocolo.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2010.

SOLOW, R. M. The economics resources or the resources of economics. **The American Economic Review**, Vol. 64, Issue 2, papers and proceedings of the eighty-sixth annual meeting of the American Economic Association. May, 1974, pp. 1-14.

SZMRECSÁNYI, T. Esboços de história econômica da ciência e da tecnologia. In: SOARES, L. C. (org.) **Da revolução científica à big (business) science**. HUCITEC, São Paulo, 2001, p. 155-200.

_____. ; MOREIRA, E. P. O desenvolvimento da agroindústria canavieira do Brasil desde a Segunda Guerra Mundial. **Estudos Avançados**, v. 11, n. 5, p 57-79, 1991.

VEIGA, J. E. **Desenvolvimento Sustentável**: o desafio do século XXI. Rio de Janeiro: Garamond, 2005, 226 p.

VIAN, C. E. F. **Inércia e mudança institucional**: estratégias competitivas do complexo agroindustrial canavieiro no Centro-Sul do Brasil. 2002. 294 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

SUSTENTABILIDADE: novos desafios e oportunidades para a produção paulista de cana-de-açúcar

Resumo: Este artigo tem por objetivo identificar as principais mudanças ocorridas no sistema de produção da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, no período de 1970 até 2000. Para tanto busca apoio na construção da ideia de sustentabilidade e seus contornos nas ciências econômicas e na agricultura, para compor um quadro de análise que vincula aspectos sociais, ambientais e econômicos aos resíduos e técnicas de produção, eficiência energética, mecanização, produtividade, gestão e políticas regulatórias, por meio de revisão de literatura. Os resultados permitiram visualizar que a produção de cana-de-açúcar se estabeleceu a partir de marcos regulatórios presentes num período em que a perspectiva de sustentabilidade ganhava seus primeiros aportes e que posteriormente passou a ser observada e indutora de mudanças das técnicas de produção agrícola e industrial e da implantação de políticas e estratégias empresariais. Porém, apesar dos avanços, a permanência desses esforços mostra-se necessária quando se consideram os fundamentos da agricultura sustentável e as perspectivas de mercado do produto cana-de-açúcar.

Palavras-chave: sustentabilidade, tecnologia, cana-de-açúcar, Estado de São Paulo.

SUSTAINABILITY: new challenges and opportunities for Sao Paulo's sugar cane production

Abstract: This article aims to identify major changes occurring in the sugar cane production system in Sao Paulo from 1970 to 2000. Drawing on the contributions of agricultural and economic sciences to the construction of the concept of sustainability, it builds an analysis framework that helps tie together social, environmental and economic aspects and waste and production techniques, energy efficiency, mechanization, productivity, management and regulatory policies. The results show that sugar cane production was implemented based on a regulatory framework launched at a time when the notion of sustainability was gaining its first contributions to later be seen as a driver not only to changes in agricultural, industrial and production techniques, but also to the implementation of policies and strategies. However, despite these improvements, persistent efforts need to be made toward strengthening the foundations of sustainable agriculture and the marketing prospects of the sugar cane product.

Key-words: sustainability, technology, sugar cane, State of Sao Paulo.

Recebido em 24/11/2010. Liberado para publicação em 26/01/2011.